

PAT-NO: JP405299387A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05299387 A

TITLE: PLASMA PROCESSOR

PUBN-DATE: November 12, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OSHIMA, TAKAHARU

HIDAKA, RYOTA

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON STEEL CORP

N/A

APPL-NO: JP04129540

APPL-DATE: April 22, 1992

INT-CL (IPC): H01L021/302, G01N022/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To measure a process state by providing at least one mechanism for condensing light emitted from a plasma in a position where no electric field exists in a waveguide for propagating a microwave.

CONSTITUTION: A microwave is converted from TE<sub>10</sub> to TE<sub>01</sub> mode by a mode converter 1, and introduced into a plasma generating chamber 4. An optical fiber 2 is installed in a position (on a central axis) in which no electric field exists in the converter 1. Here, a light emitted from a plasma is condensed by the fiber 2 through a microwave introducing window 10 (normally quartz glass), a special wavelength is detected by a spectroscope, and an end point of etching is detected. Thus, the plasma is observed from an upstream of the plasma, a light from the plasma can be observed irrespective of a position of a substrate, observed without providing a view port, thereby grasping a state of the process.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-299387

(43)公開日 平成5年(1993)11月12日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/302

E 8518-4M

G 0 1 N 22/00

D 7172-2J

審査請求 未請求 請求項の数1(全 4 頁)

(21)出願番号 特願平4-129540

(22)出願日 平成4年(1992)4月22日

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72)発明者 大島 孝晴

北九州市戸畑区大字中原46-59 新日本製  
鐵株式会社機械・プラント事業部内

(72)発明者 日高 亮太

北九州市戸畑区大字中原46-59 新日本製  
鐵株式会社機械・プラント事業部内

(74)代理人 弁理士 大島 陽一

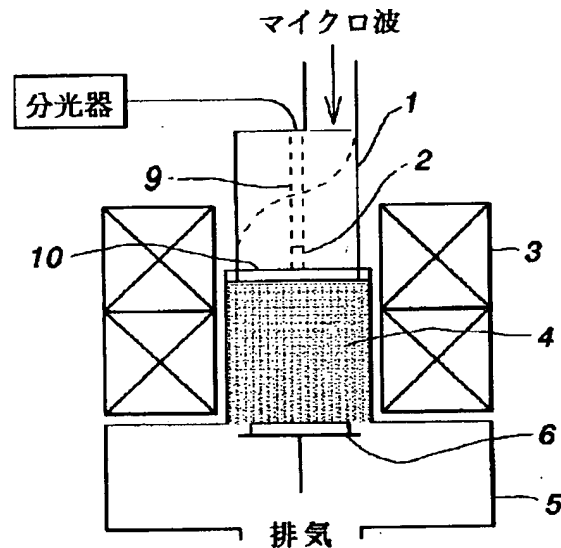
(54)【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57)【要約】

【目的】 プラズマからの発光分析によりエッチングの終点検出等プロセス状態を計測する機構を有するプラズマ処理装置に於いて、装置構成に関わらず発光分析を可能とする。

【構成】 マイクロ波が伝搬する導波管内のマイクロ波電界が0である部分に、光ファイバ等光を集光する機構を設置する。

【効果】 プラズマ生成室、処理室の構造、基板位置等に関わりなくプラズマからの発光分析が可能となる。また、特にビューポートのないプラズマ装置に於いても発光分析が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロ波を利用してプラズマを生成し、基板に処理を施すプラズマ処理装置に於いて、マイクロ波が伝搬する導波管内の電界が実質的に0である部分に、プラズマからの発光を集光する機構を少なくとも1つ設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、半導体製造工程に於ける表面処理に関し、マイクロ波を利用してプラズマを生成し、基板に均一処理を施すプラズマ処理装置に於いて、プロセス状態の計測を可能とする装置。

## 【0002】

【従来の技術】半導体素子の微細化にともない、ドライプロセスが重要な技術となってきた。なかでも、マイクロ波と磁界の相互作用による電子サイクロトロン共鳴(ECR)を利用したECRプラズマは、①低圧力(〜10<sup>-4</sup>Torr)でプラズマが生成されるため、イオンの方向が揃うこと、②高密度プラズマが生成できること、③磁界によりイオンエネルギーを制御できる等の優れた特性により注目されてきている。図6に従来のECRプラズマ処理装置の基本構成を示す。図示を省略したマイクロ波源は、一般に2.45GHzのマグネトロン、整合素子等から構成される。プラズマ生成室4中に存在する電子は、電磁コイル3によって発生する磁界よりローレンツ力を受け、サイクロトロン運動をする。このサイクロトロン運動と同じ周期を持つマイクロ波をプラズマ生成室4に導入すると、電子サイクロトロン共鳴現象が発生し、電子のエネルギーが飛躍的に増大する。この高エネルギー電子が周囲のガス粒子に衝突して電離を引き起こし、プラズマ生成室4内にECRプラズマを生成する。プラズマ生成室4内のECRプラズマは、発散磁界により処理室5方向に引き出され、基板6にCVD、エッチング等の処理を施す。

【0003】プラズマプロセスに於いて、再現性良く処理を行うには、プロセスの状態を把握する必要がある。例えば、エッチングプロセスに於いては、再現性良く処理を終了するためにプラズマからの発光を観測することがある。図4はエッチングの対象となる基板の一例を示したものである。図4(a)はエッチング処理前の基板の状態であり、エッチングパターンを決定するレジストはリソグラフィ等エッチングの前工程で形成される。ポリシリコンのエッチングには、主に塩素系のガスが使用される。基板6にプラズマが照射されると、Cl<sup>+</sup>イオンの衝突により物理反応及び数1の化学反応によりポリシリコンが分解される。

## 【0004】

## 【数1】

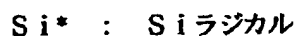


【0005】数1の反応で生じたSiCl<sub>4</sub>は、プラズ

マ中でSi、Cl等の単原子に解離し、それぞれの原子はプラズマ中の電子の衝突により励起される。励起された原子は安定なエネルギー順位の低い状態に遷移する際に原子固有の波長を有する光を発光する。励起されたSi原子の発光過程を数2に示す。

## 【0006】

## 【数2】



【0007】図4(b)はポリシリコンエッチングが終了した状態を示している。ポリシリコンのエッチングが終了すると、下地であるシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>)にプラズマ中のイオンが照射されるが、シリコン酸化膜はポリシリコンに比べエッチングされにくい。従って数1の反応が減少し、プラズマ中に存在するSi<sup>\*</sup>の数も減少する。このため数2で表されるSi<sup>\*</sup>からの発光量に変化する。このSi<sup>\*</sup>からの発光量の変化を観測することでエッチング処理の終端検出を行っている。

【0008】また、CVDやスパッタリング等の成膜処理に於いては、処理雰囲気でのプラズマ生成ガスとプロセスガスの混合比を一定に保つためにプラズマからの発光を観測することがある。

【0009】一般にプラズマからの発光を観測するには、処理室5に石英ガラス等透光性のあるビューポート7を設け、光ファイバ2でプラズマからの発光を集光し、分光器で特定波長の光を分析するものである。図6に於いて、前述したプラズマからの発光を外部に取り出すために、処理室5にビューポート7を設けており、ビューポート7を介してプラズマからの発光を光ファイバ2で集光し発光の分析を行う。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】従来技術の一例を示した図6に於いて、プラズマからの発光を観測するためにはビューポート等光を透過する部分を設け、透光部に光ファイバ2など光を集光する機構を設置する必要がある。一般に、処理室以外の例えばプラズマ生成室4には、周囲に電磁コイル3等が配置されているため、ビューポートを設けることが困難である。また、処理室5にビューポートを設けた場合でも、次の課題がある。すなわち、プラズマプロセスに於いて、基板6の位置は重要なパラメータであり、図6に於いて基板6の位置を前後することがある。プラズマは基板6で終端されるため、図6の装置構成では基板6がプラズマ生成室内に位置すると、プラズマは処理室5内に存在しないため、プラズマからの発光を光ファイバ2で集光できなくなるという課題があった。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上述した目的は本発明に

よれば、マイクロ波を利用してプラズマを生成し、基板に処理を施すプラズマ処理装置に於いて、マイクロ波が伝搬する導波管内の電界が0である部分に、プラズマからの発光を集光する機構を少なくとも1つ設けたことを特徴とするプラズマ処理装置を提供することにより達成される。

【0012】

【実施例】図1は本発明の実施例を示したものである。図1で、マイクロ波はTE01〇モードを使用した例である。モード変換器1は矩形のTE10□モードのマイクロ波をTE01〇モードに変換するものである。TE01〇モードのマイクロ波は他のモードに比べ低損失で\*

$$E = j \frac{\lambda_c}{\lambda} \zeta J_0' \left( 3.82 \frac{r}{a} \right)$$

j : 虚数単位

a : 導波管の半径

$\lambda$  : 伝搬波長

$\lambda_c$  : 遮断波長

$\zeta$  : プラズマの固有インピーダンス

r : 導波管の断面での径方向位置

$J_0'(x)$  : xに関する0次のベッセル関数の導関数

【0015】数3より $r=0$ すなわち中心軸線上で電界が0となる。従ってこの部分に導体からなる管9を設置しても、TE01モードのマイクロ波電界は影響を受けない。この導体からなる管9の中に光ファイバ等集光する機構を設置することで、マイクロ波電界を乱すことなくプラズマからの発光を集光することが可能となる。尚、電界が0でない部分に導体からなる管を設けると、マイクロ波のモードが変化し、マイクロ波の効率、プラズマ密度の均一性が損なわれる。

【0016】また、TE01〇モード以外のマイクロ波に於いても、導波管内の電界は各モードに対し導波管の形状で決まる理論式で与えられ、電界が0となる部分を予め求めることができる。図5は円形導波管の基本モードであるTE11〇の断面を示したものである。TE11〇モードでは斜線部分の電界が0となり、光ファイバ等集光機構を設けることができる。

【0017】図3は本発明による集光設備を備えたECRプラズマエッチング装置の一例である。モード変換器1によりマイクロ波をTE10□モードからTE01〇モードに変換してプラズマ生成室4に導入しており、モード変換器1内の電界が0となる部分（中心軸上）に光ファイバ2を設置している。プラズマからの発光はマイクロ波導入窓10（通常石英ガラス）を介して光ファイバ2より集光し、分光器により特定の波長を検出し、エッチングの終点検出を行う。

【0018】

\*大面積化が容易であり、大面積のプラズマ処理に有効である。

【0013】図2は、モード変換器1内の電気力線を示したものである。TE10□モードから、(a)→(b)→(c)のように変形することで、まず電気力線に平行な面（E面）を円弧状にする。さらに、(c)→(d)→(e)と伝搬部分を徐々に広げていくことでTE01〇モードが発生する。径方向位置rでのTE01〇モードの電界Eは、0次のベッセル関数の導関数 $J_0'(x)$ を用いた数3で表される。

【0014】

【数3】

※【発明の効果】本発明によると、プラズマの上流からプラズマを観測するため、基板の位置に関わりなくプラズマからの発光を観測することができる。また、特にプラズマからの発光を外部的に取り出すビューポート等を設けることなく発光を観測することができ、プロセスの状態の把握が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例を示す図。

【図2】図1のモード変換器内の電気力線を示す図。

【図3】本発明を用いたECRエッチング装置の一例を示す図。

【図4】被エッチング基板の一例を示す図。

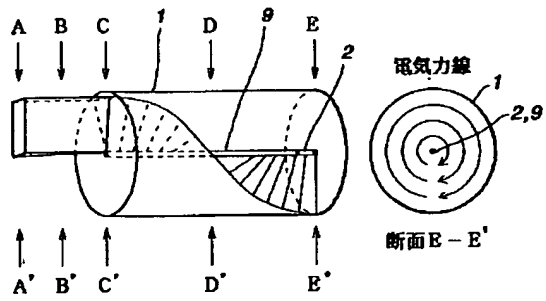
【図5】TE11〇モードの断面を示す図。

【図6】終点検出機構を備えたECRエッチングに関する先行技術の一例を示す図。

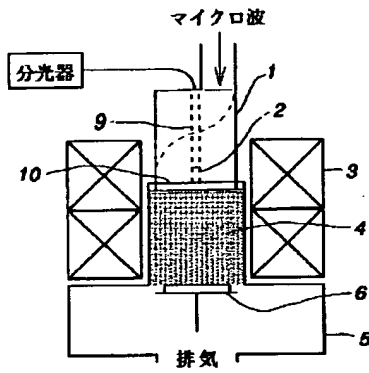
40 【符号の説明】

- 1 モード変換器
- 2 光ファイバ
- 3 電磁コイル
- 4 プラズマ生成室
- 5 処理室
- 6 基板
- 7 ビューポート
- 8 導波管
- 9 導体からなる管
- ※50 10 マイクロ波導入窓

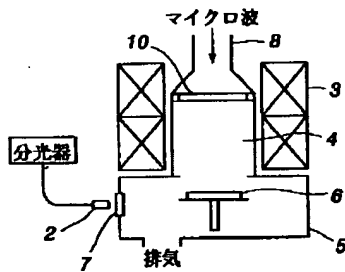
【図1】



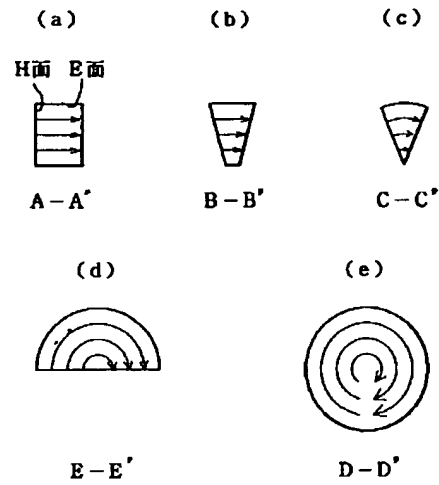
【図3】



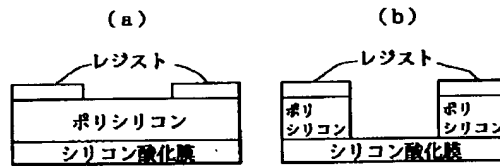
【図6】



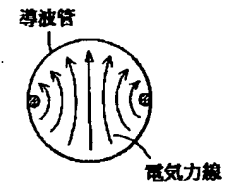
【図2】



【図4】



【図5】



## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention is equipment which enables measurement of a process condition in the plasma treatment equipment which generates the plasma using microwave and performs homogeneity processing to a substrate about the surface treatment in a semi-conductor production process.

[0002]

[Description of the Prior Art] A dry process is becoming an important technique with detailed-izing of a semiconductor device. Since the plasma is generated by \*\* low voltage force (- 10-4Torr), the ECR plasma which used the electron cyclotron resonance (ECR) by the interaction of microwave and a field especially has attracted attention with the property which was [ be / ion energy / controllable by that the direction of ion gathers, that \*\* high density plasma is generable, and \*\* field ] excellent. The basic configuration of conventional ECR plasma treatment equipment is shown in drawing 6. Generally the source of microwave which omitted illustration consists of a 2.45GHz magnetron, an adjustment component, etc. the electron which exists all over the plasma production room 4 -- electromagnetism -- the Lorentz force is received from the field generated with a coil 3, and cyclotron movement is carried out. If microwave with the same period as this cyclotron movement is introduced into the plasma production room 4, a electron cyclotron resonance phenomenon will occur and electronic energy will increase by leaps and bounds. This high energy electron collides with a surrounding gas particle, causes ionization, and generates the ECR plasma in the plasma production room 4. The ECR plasma in the plasma production room 4 is drawn out by the emission field in the processing room 5 directions, and processes CVD, etching, etc. to a substrate 6.

[0003] In a plasma process, in order to process with sufficient repeatability, it is necessary to grasp the condition of a process. For example, in an etching process, in order to end processing with sufficient repeatability, luminescence from the plasma may be observed. Drawing 4 shows an example of the substrate set as the object of etching. Drawing 4 (a) is in the condition of the substrate before etching processing, and the resist which determines an etching pattern is formed at the last process of etching, such as lithography. The gas of a chlorine system is mainly used for etching of polish recon. If the plasma is irradiated by the substrate 6, polish recon will be decomposed by the collision of Cl ion by the physical reaction and several 1 chemical reaction.

[0004]

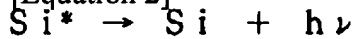
[Equation 1]



[0005]  $\text{SiCl}_4$  produced at several 1 reaction is dissociated to monatomics, such as Si and Cl, in the plasma, and each atom is excited by the collision of the electron in the plasma. In case the excited atom changes in the low condition of stable energy ranking, it emits light in the light which has the wavelength of an atomic proper. The luminescence process of excited Si atom is shown in several 2.

[0006]

[Equation 2]



Si\* : Siラジカル

$h\nu$  : 光子エネルギー

[0007] Drawing 4 (b) shows the condition that polish recon etching was completed. Although the ion in the plasma is irradiated by the silicon oxide ( $\text{SiO}_2$ ) which is a substrate after etching of polish recon is completed, silicon oxide is hard to be etched compared with polish recon. Therefore, several 1 reaction decreases and the number of  $\text{Si}^*$  which exists in the plasma also decreases. For this reason, the amount of luminescence from  $\text{Si}^*$  expressed with several 2 changes. Termination detection of etching processing is performed by observing change of the amount of luminescence from this  $\text{Si}^*$ .

[0008] Moreover, in membrane formation processing of CVD, sputtering, etc., in order to keep constant the mixing ratio of the plasma production gas in a processing ambient atmosphere, and process gas, luminescence from the plasma may be observed.

[0009] In order to observe luminescence from the plasma generally, the view port 7 with translucency, such as quartz glass, is formed in the processing room 5, luminescence from the plasma is condensed with an optical fiber 2, and a spectroscope analyzes the light of specific wavelength. In drawing 6, in order to take out outside luminescence from the plasma mentioned above, the view port 7 is formed in the processing room 5, luminescence from the plasma is condensed with an optical fiber 2 through a view port 7, and luminescence is analyzed.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order to observe luminescence from the plasma, it is necessary to prepare the part which penetrates light, such as a view port, and in drawing 6 which showed an example of the conventional technique, it is necessary to install the device which condenses light, such as an optical fiber 2, to a translucent part. general -- plasma production rooms 4 other than a processing room -- a perimeter -- electromagnetism -- since the coil 3 grade is arranged, it is difficult to prepare a view port. Moreover, even when a view port is prepared in the processing room 5, the next technical problem occurs. That is, in a plasma process, the location of a substrate 6 is an important parameter and may get the location of a substrate 6 mixed up in drawing 6. Since termination of the plasma was carried out with a substrate 6, when the substrate 6 was located in the plasma production interior of a room in the equipment configuration of drawing 6, since the plasma did not exist in the processing room 5, it had a technical problem of it becoming impossible to condense luminescence from the plasma with an optical fiber 2.

[0011]

[Means for Solving the Problem] According to this invention, the purpose mentioned above generates the plasma using microwave, and is attained in the plasma treatment equipment which processes to a substrate by offering the plasma treatment equipment characterized by establishing at least one device which condenses luminescence from the plasma into the part whose electric field in the waveguide which microwave spreads are 0.

[0012]

[Example] Drawing 1 shows the example of this invention. In drawing 1, microwave is the example which used the TE01O mode. A mode transducer 1 changes the microwave in the rectangular TE10\*\* mode into the TE01O mode. Compared with other modes, large-area-izing is easy for the microwave in the TE01O mode at low loss, and it is effective in the plasma treatment of a large area.

[0013] Drawing 2 shows the line of electric force in a mode transducer 1. A field (Eth page) parallel to line of electric force is first made into the shape of radii by deforming like (a) ->(b) ->(c) from the TE10\*\* mode. Furthermore, the TE01O mode generates (c) ->(d) ->(e) and a propagation part by extending gradually. The electric field E in the TE01O mode in the direction location r of a path are expressed with several 3 which used the derivative Jo of a zero-order Bessel function (x).

[0014]

[Equation 3]

$$E = j \frac{\lambda_c}{\lambda} \zeta J_0' \left( 3.82 \frac{r}{a} \right)$$

j : 虚数単位

a : 導波管の半径

$\lambda$  : 伝搬波長

$\lambda_c$  : 遮断波長

$\zeta$  : プラズマの固有インピーダンス

r : 導波管の断面での径方向位置

$J_0'(x)$  : xに関する0次のベッセル関数の導関数

[0015] Electric field are set to 0 from several 3 on  $r=0$ , i.e., a medial-axis line. Therefore, even if it installs the tubing 9 which becomes this part from a conductor, the microwave electric field in the TE01 mode are not influenced. By installing the device which condenses [ optical fiber ] into the tubing 9 which consists of this conductor, it becomes possible to condense luminescence from the plasma, without disturbing microwave electric field. In addition, if tubing with which electric field become the part which is not 0 from a conductor is formed, the mode of microwave will change and the homogeneity of the effectiveness of microwave and a plasma consistency will be spoiled.

[0016] Moreover, also in microwave other than the TE01O mode, the electric field in a waveguide are given with the theoretical formula decided by the configuration of a waveguide to each mode, and can ask for the part from which electric field are set to 0 beforehand. Drawing 5 shows the cross section of TE11O which is the basic mode of a circular waveguide. In the TE11O mode, the electric field of a shadow area are set to 0, and condensing devices, such as an optical fiber, can be established.

[0017] Drawing 3 is an example of the ECR plasma etching system equipped with the condensing facility by this invention. Microwave was changed into the TE01O mode from the TE10\*\* mode with the mode transducer 1, it has introduced into the plasma production room 4, and the optical fiber 2 is installed in the part (on a medial axis) from which the electric field in a mode transducer 1 are set to 0. Luminescence from the plasma condenses from an optical fiber 2 through the microwave installation aperture 10 (usually quartz glass), detects specific wavelength with a spectroscope, and performs terminal point detection of etching.

[0018]

[Effect of the Invention] According to this invention, since the plasma is observed from the upstream of the plasma, it can be concerned with the location of a substrate and luminescence from the plasma can be observed that there is nothing. Moreover, luminescence can be observed without preparing the view port which takes out especially luminescence from the plasma outside, and grasp of the condition of a process is attained.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing showing the example of this invention.

[Drawing 2] Drawing showing the line of electric force in the mode transducer of drawing 1.

[Drawing 3] Drawing showing an example of the ECR etching system using this invention.

[Drawing 4] Drawing showing an example of an etched substrate.

[Drawing 5] Drawing showing the cross section in the TE110 mode.

[Drawing 6] Drawing showing an example of the advanced technology about ECR etching equipped with the terminal point detection device.

[Description of Notations]

1 Mode Transducer

2 Optical Fiber

3 Electromagnetism -- Coil

4 Plasma Production Room

5 Processing Room

6 Substrate

7 View Port

8 Waveguide

9 Tubing Which Consists of a Conductor

10 Microwave Installation Aperture

---

[Translation done.]